

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 249/438

In re patent application of

You-seop LEE, et al.

Group Art Unit: (Unassigned)

Serial No. (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

Filed: Concurrently

For: MICRO-PUMP DRIVEN BY PHASE CHANGE OF A FLUID

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:

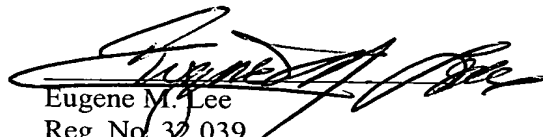
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2003-2727, filed January 15, 2003.

Respectfully submitted,

January 15, 2004  
Date

  
Eugene M. Lee  
Reg. No. 32,039  
Richard A. Sterba  
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.  
1101 Wilson Boulevard Suite 2000  
Arlington, VA 20009  
Telephone: (703) 525-0978



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0002727  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 01월 15일  
Date of Application JAN 15, 2003

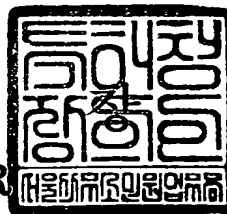
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 10 월 18 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0008
【제출일자】	2003.01.15
【국제특허분류】	F04B
【발명의 명칭】	유체의 상변화에 의해 구동되는 마이크로 펌프
【발명의 영문명칭】	Micro-pump driven by phase transformation of fluid
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이유섭
【성명의 영문표기】	LEE, You Seop
【주민등록번호】	680801-1709716
【우편번호】	449-903
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 구갈리 380번지 한성아파트 101동307호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	오용수
【성명의 영문표기】	OH, Yong Soo
【주민등록번호】	590204-1042510

【우편번호】	463-030
【주소】	경기도 성남시 분당구 분당동 샛별마을 동성아파트 206동 307호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	국건
【성명의 영문표기】	KUK,Keon
【주민등록번호】	630921-1551019
【우편번호】	449-840
【주소】	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 4블럭 7단지 아파트 704동 604호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김민수
【성명의 영문표기】	KIM,Min Soo
【주민등록번호】	690801-1140314
【우편번호】	137-801
【주소】	서울특별시 서초구 반포동 30-2 상호가든맨션 7동1105호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	신승주
【성명의 영문표기】	SHIN,Seung Ju
【주민등록번호】	641210-1006012
【우편번호】	463-060
【주소】	경기도 성남시 분당구 이매동 100번지 삼성아파트 1003동 403호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	신수호
【성명의 영문표기】	SHIN,Su Ho
【주민등록번호】	671227-1019014
【우편번호】	441-390
【주소】	경기도 수원시 권선구 권선동 1321번지 대림아파트 221동 1301호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

이영필 (인) 대리인

이해영 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 11 면 11,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 16 항 621,000 원

【합계】 661,000 원

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

유체의 상변화에 의해 구동되는 마이크로 펌프가 개시된다. 개시된 마이크로 펌프는, 유체가 채워질 수 있도록 소정의 내부 공간을 가진 펌핑챔버와, 펌핑챔버에 연결된 적어도 하나의 유체 유입 통로 및 적어도 하나의 유체 배출 통로와, 펌핑챔버의 일측에 마련되어 펌핑챔버 내부의 유체를 가열함으로써 버블을 생성시키는 가열 요소와, 가열 요소에 전류를 인가하기 위한 전극을 구비하며, 버블의 팽창과 수축에 의해 유체의 유동이 발생하며, 유체 유입 통로와 유체 배출 통로 중 적어도 하나는 유체의 유동 방향을 따라 그 단면적이 변하는 형상을 가진다. 따라서, 유체의 유동 방향에 따라 유체 입구 통로와 유체 출구 통로에서의 유동저항의 차이가 발생하게 되므로, 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량이 산출될 수 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 가동 요소를 구비하지 않고 펌핑챔버 내에 유입된 유체의 상변화에 의해서 유체의 펌핑이 이루어지므로, 구조가 비교적 간단하고 내구성이 향상되며 펌핑 효율이 높아지게 된다.

**【대표도】**

도 5a

**【명세서】****【발명의 명칭】**

유체의 상변화에 의해 구동되는 마이크로 펌프{Micro-pump driven by phase transformation of fluid}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1a 및 도 1b는 종래의 마이크로 펌프의 일례를 도시한 도면들로서, 도 1a는 유체 공급 모드를 도시한 도면이고, 도 1b는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이다.

도 2는 종래의 마이크로 펌프의 다른 예를 도시한 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 종래의 마이크로 펌프의 또 다른 예를 도시한 도면들로서, 도 3a는 유체 공급 모드를 도시한 도면이고, 도 3b는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이다.

도 4a는 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 마이크로 펌프의 구조를 도시한 평면도이고, 도 4b는 도 4a에 표시된 A-A'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이며, 도 4c는 도 4a에 표시된 B-B'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이다.

도 5a 및 도 5b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 펌프에서 유체가 펌핑되는 과정을 설명하기 위한 도면들로서, 도 5a는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이고, 도 5b는 유체 공급 모드를 도시한 도면이다.

도 6a는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프의 구조를 개략적으로 도시한 평면도이고, 도 6b는 도 6a에 표시된 C-C'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프에서 유체가 펌핑되는 과정을 설명하기 위한 도면들로서, 도 7a는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이고, 도 7b는 유체 공급 모드를 도시한 도면이다.

도 8a 내지 도 8c는 본 발명에 따른 마이크로 펌프의 특성을 보여주는 그래프들이다.

#### <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

110, 210...기관	112, 212...펌핑 챔버
113, 213...유체 유입 통로	114, 214...유체 배출 통로
115, 215...입구 매니폴드	116, 216...출구 매니폴드
120, 220...절연층	130, 230...가열 요소
140, 240...제1 보호층	151, 152...전극
160, 260...제2 보호층	170, 270...열발산층

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 마이크로 펌프에 관한 것으로, 보다 상세하게는 유체의 상변화에 의해 구동되는 마이크로 펌프에 관한 것이다.

<17> 최근에 마이크로 머시닝(micro-machining) 기술의 비약적인 발전은 다양한 기능을 하는 마이크로 전자기계 시스템(MEMS: Micro Electro Mechanical System)의 개발을 가능하게 하였다. 이러한 MEMS 장치들은 크기, 비용 및 신뢰성의 관점에서 많은 장점을 가지고 있으므로 광범위한 적용예를 위해 개발되고 있다.



- <18> 특히, 다양한 용도로 사용되는 유체 시스템을 초소형화시켜 하나의 칩상에 구현하려는 연구가 진행되고 있으며, 이에 따라 유체 시스템을 구성하는 기본 요소로서 서브 마이크로 리터 단위의 극미소 유량의 제어가 가능한 마이크로 펌프 및 밸브 등과 같은 마이크로 구조체에 관련된 기술 개발이 활발해지고 있다.
- <19> 도 1a 및 도 1b에는 종래의 마이크로 펌프의 일례로서 체크 밸브를 가진 마이크로 펌프가 도시되어 있다.
- <20> 도 1a와 도 1b를 함께 참조하면, 종래의 마이크로 펌프는 펌핑챔버(10)의 상부 박막에 부착되어 있는 압전체(12)에 의해 구동된다. 상기 펌핑챔버(10)의 하부에는 유체입구(14)와 유체출구(16)가 연결되어 있으며, 유체입구(14) 및 유체출구(16) 각각과 펌핑챔버(10)의 접속부에는 체크밸브(15, 17)가 마련되어 있다. 이러한 구조를 가진 마이크로 펌프에 있어서, 도 1a에 도시된 바와 같이 압전체(12)에 인가되는 전압에 의해 압전체(12)가 변형됨으로써 펌핑챔버(10)의 부피가 증가하게 되면, 제2 체크밸브(17)는 닫히고 제1 체크밸브(15)가 열리면서 유체입구(14)를 통해 유체가 펌핑챔버(10) 내로 공급된다. 이어서, 도 1b에 도시된 바와 같이 압전체(12)의 반대 방향으로의 변형에 의해 펌핑챔버(10)의 부피가 감소하게 되면, 제1 체크밸브(15)가 닫히고 제2 체크밸브(17)가 열리면서 유체출구(16)를 통해 유체가 소정 양만큼 배출된다.
- <21> 그런데, 이와 같은 구조를 가진 종래의 마이크로 펌프에는 한쪽 방향으로의 유체의 흐름을 유도하는 체크밸브(15, 17)가 사용되는데, 이러한 체크밸브(15, 17)는 미세한 구조물 내에서 작동하여야 하는 가동 요소이다. 그런데, MEMS 분야에 적용되는 펌프 및 밸브는 그 크기가 매우 작아야 하기 때문에 체크밸브(15, 17)와 같은 가동 요소를 적용시키기 곤란하며, 가동 요소를 적용한다 하더라도 요구되는 작동 기간 동안 내구성을 확보하기 곤란한 단점이 있다. 또

한, 체크밸브(15, 17)가 갖는 질량관성에 의해 높은 주파수에서의 작동이 어려운 단점도 있다.

- <22> 도 2에는 종래의 마이크로 펌프의 다른 예로서, 미국 특허 US 5,901,037호에 개시된 마이크로 펌프가 도시되어 있다.
- <23> 도 2에 도시된 마이크로 펌프는 체크밸브 대신에 피라미드 형상을 가진 한 쌍의 유체 통로(22, 23)를 구비함으로써 펌프 내부에 가동 요소가 없는 구조를 가진다. 상기 두 개의 유체 통로(22, 23)는 펌핑챔버(20)의 하부에 서로 다른 방향으로 연결되고, 펌핑챔버(20)의 상부 박막에는 구동 수단으로서 압전체(21)가 설치되어 있다. 유체 유입 통로(22)는 펌핑챔버(20)쪽으로 가면서 점차 단면적이 감소하는 형상을 가지며, 유체 배출 통로(23)는 펌핑챔버(20)쪽으로 가면서 점차 단면적이 증가하는 형상을 가진다.
- <24> 이와 같은 형상을 가진 유체 통로(22, 23)가 대략 50°~ 70°정도의 비교적 큰 경사각을 가지게 되면, 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항보다 작아지게 된다. 따라서, 압전체(21)의 진동에 의한 펌핑챔버(20) 내의 체적 변화에 의해 상기 두 개의 유체 통로(22, 23)를 각각 통과하는 유체에는 서로 다른 유동저항이 작용하게 된다. 이와 같이 상기 마이크로 펌프는 체크밸브 없이도 각 유체 통로(22, 23)에서의 유동저항의 차이에 의해 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량을 발생시킬 수 있게 된다.
- <25> 도 3a 및 도 3b에는 종래의 마이크로 펌프의 또 다른 예로서, Sensors and Actuators A. 39, (1993) pp. 159-167.에 수록된 Erik Stemme와 Goran Stemme의 "A Valveless Diffuser/Nozzle-Based Fluid Pump"라는 논문에 개시된 마이크로 펌프가 도시되어 있다.

<26> 도 3a 및 도 3b에 도시된 마이크로 펌프에도 밸브가 없으며, 그 대신 유체의 펌핑 방향을 따라 단면적이 변하는 한 쌍의 유체 통로(33, 34)가 마련되어 있다. 상기 두 개의 유체 통로(33, 34)는 펌핑챔버(30)의 양측에 각각 연결되고, 펌핑챔버(30)의 상부에는 구동 수단으로서 압전박막(piezo membrane, 32)이 마련되어 있다. 유체 유입 통로(34)는 펌핑챔버(30)쪽으로 가면서 점차 단면적이 증가하는 형상을 가지며, 유체 배출 통로(33)는 펌핑챔버(30)로부터 멀어질수록 점차 단면적이 증가하는 형상을 가진다. 이와 같이, 상기 유체 통로(33, 34)는 도 2에 도시된 유체 통로와는 반대 방향으로 경사져 있다. 그런데, 이와 같은 형상을 가진 유체 통로(33, 34)가 대략  $15^{\circ}$ ~  $30^{\circ}$  정도의 비교적 작은 경사각을 가지게 되면, 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항보다 작아지게 된다. 따라서, 도 3a에 도시된 바와 같이 압전박막(32)의 변형에 의해 펌핑챔버(30) 내에 유체가 공급될 때에는 유체 유입 통로(34)를 통과하는 유량이 유체 배출 통로(33)를 통과하는 유량보다 많아지게 된다. 반면에, 도 3b에 도시된 바와 같이 펌핑챔버(30)로부터 유체가 배출될 때에는 유체 배출 통로(33)를 통과하는 유량이 유체 유입 통로(34)를 통과하는 유량보다 많아지게 된다. 이와 같이 상기 마이크로 펌프도 각 유체 통로(33, 34)에서의 유동저항의 차이에 의해 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량을 발생시킬 수 있게 된다.

<27> 상기한 바와 같이, 종래의 마이크로 펌프는 압전체의 진동에 의한 펌핑챔버의 체적 변화에 의하여 순 유량을 발생시키는 구조를 가진다. 그런데, 상기 압전체는 그 구조 및 제조과정이 복잡한 단점이 있다. 그리고, 펌핑 유량을 증가시키기 위해서는 압전체의 면적을 증가시켜야 하는데, 이는 기술적으로 매우 힘들고 비용도 많이 소요되는 문제점이 있다. 또한, 펌핑챔버의 체적변화를 증가시킴으로써 펌핑 유량을 증가시킬 수 있는데, 이 경우에는 압전체의 진동

에 의한 펌핑챔버의 상부 박막의 변형량이 커져야 하고, 이에 따라 상부 박막이 파손될 가능성이 높아지는 문제점이 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<28> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 특히 가동 요소를 구비하지 않고 펌핑챔버 내에 유입된 유체의 상변화에 의해 유체를 펌핑함으로써, 비교적 간단한 구조와 향상된 내구성을 가지며 펌핑 효율이 높은 마이크로 펌프를 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <29> 상기의 기술적 과제를 달성하기 위해 본 발명은,
- <30> 유체가 채워질 수 있도록 소정의 내부 공간을 가진 펌핑챔버;
- <31> 상기 펌핑챔버에 연결된 적어도 하나의 유체 유입 통로 및 적어도 하나의 유체 배출 통로;
- <32> 상기 펌핑챔버의 일측에 마련되어 상기 펌핑챔버 내부의 유체를 가열함으로써 버블을 생성시키는 가열 요소; 및
- <33> 상기 가열 요소에 전류를 인가하기 위한 전극;을 구비하며,
- <34> 상기 버블의 팽창과 수축에 의해 유체의 유동이 발생하며, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 중 적어도 하나는 유체의 유동 방향을 따라 그 단면적이 변하는 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프를 제공한다.

- <35> 본 발명의 제1 실시예에 의하면, 상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버쪽으로 가면서 단면적이 점차 감소하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로는 상기 펌핑챔버로부터 멀어질수록 점차 단면적이 감소하는 형상을 가진다.
- <36> 이 경우, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각의 경사각은  $50^{\circ}$  이상인 것이 바람직하다.
- <37> 본 발명의 제2 실시예에 의하면, 상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버쪽으로 가면서 단면적이 점차 증가하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로는 상기 펌핑챔버로부터 멀어질수록 점차 단면적이 증가하는 형상을 가진다.
- <38> 이 경우, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각의 경사각은  $30^{\circ}$  이하인 것이 바람직하다.
- <39> 상기 실시예들에 있어서, 상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버의 일측에 마련되고, 상기 유체 배출 통로는 상기 유체 유입 통로와 마주보도록 상기 펌핑챔버의 타측에 마련되는 것이 바람직하다.
- <40> 그리고, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각은 피라미드 형상을 가질 수 있다. 한편, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각은 높이는 일정하고 그 폭이 유체의 유동 방향을 따라 변하는 것도 바람직하다.
- <41> 또한, 상기 펌핑챔버와 상기 가열 요소의 평면 형상은 사각형이나 원형일 수 있으며, 상기 가열 요소는 저항 발열체로 이루어진 것이 바람직하다.
- <42> 그리고, 상기 펌핑챔버, 상기 유체 유입 통로 및 상기 유체 배출 통로는 기판을 식각함으로써 형성될 수 있다.

- <43> 또한, 상기 기판 상에는 절연층이 형성되어 상기 펌핑챔버의 상부벽을 이루며, 상기 절연층 상에 상기 가열 요소와 전극이 형성되는 것이 바람직하다.
- <44> 또한, 상기 가열 요소와 전극 위에는 절연성을 가진 보호층이 형성되는 것이 더 바람직하다.
- <45> 또한, 상기 보호층 위에는 상기 가열 요소 및 그 주위의 열을 발산시키기 위한 열발산층이 형성되며, 상기 열발산층은 상기 기판에 연결되는 것이 더 바람직하다. 이 경우, 상기 열발산층은 금속으로 이루어진 것이 바람직하다.
- <46> 상기한 바와 같이 본 발명에 따른 마이크로 펌프는, 가동 요소를 구비하지 않고 펌핑챔버 내에 유입된 유체의 상변화에 의해서 유체를 펌핑함으로써, 비교적 간단한 구조와 향상된 내구성을 가지며 펌핑 효율이 높은 장점이 있다.
- <47> 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 마이크로 펌프의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이하의 도면들에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 가리킨다.
- <48> 도 4a는 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 마이크로 펌프의 구조를 도시한 평면도이고, 도 4b는 도 4a에 표시된 A-A'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이며, 도 4c는 도 4a에 표시된 B-B'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이다.
- <49> 도 4a 내지 도 4c를 함께 참조하면, 본 발명에 따른 마이크로 펌프는, 유체가 채워질 수 있도록 소정의 내부 공간을 가진 펌핑챔버(112)와, 상기 펌핑챔버(112)에 연결된 유체 유입 통로(113) 및 유체 배출 통로(114)와, 상기 펌핑챔버(112)의 일측에 마련된 가열 요소(130)와, 상기 가열 요소(130)에 전류를 인가하기 위한 전극(151, 152)을 구비한다.

- <50>      상기 펌핑챔버(112)의 평면 형상은 사각형으로서, 그 내부 공간은 직육면체 형상을 가진다. 이 펌핑챔버(112)는 유체 유입 통로(113)를 통해 유입된 유체가 유체 배출 통로(114)를 통해 배출될 수 있도록 구동력을 제공하는 곳이다.
- <51>      상기 유체 유입 통로(113)는 입구 매니폴드(inlet manifold, 115)와 펌핑챔버(112) 사이에 마련되어, 입구 매니폴드(115) 내의 유체를 펌핑챔버(112) 내부로 공급하는 역할을 한다. 그리고, 상기 유체 배출 통로(114)는 출구 매니폴드(outlet manifold, 116)와 펌핑챔버(112) 사이에 마련되어, 펌핑챔버(112) 내의 유체를 출구 매니폴드(116)로 배출하는 역할을 한다. 이러한 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114)는 도시된 바와 같이 각각 하나씩 마련될 수도 있으나, 유량을 증가시키기 위해 각각 복수개씩 마련될 수도 있다. 그리고, 상기 유체 유입 통로(113)는 펌핑챔버(112)의 일측에 배치되고, 상기 유체 배출 통로(114)는 상기 유체 유입 통로(113)와 마주보도록 펌핑챔버(112)의 타측에 배치된다. 한편, 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114)는 상기한 바와는 다르게 배치될 수 있으며, 또한 펌핑챔버(112)의 일측, 예컨대 아래측에 함께 배치될 수도 있다.
- <52>      상기 유체 유입 통로(113)는 펌핑챔버(112)쪽으로 가면서 단면적이 점차 감소하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로(114)는 펌핑챔버(112)로부터 멀어질수록 점차 단면적이 감소하는 형상을 가진다. 그리고, 상기 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114) 각각의 경사각( $\theta$ )은  $50^\circ$  이상, 예컨대  $50^\circ \sim 70^\circ$ 인 것이 바람직하다. 또한, 유체 통로(113, 114) 내의 유체의 유동이 난류가 될 수 있도록, 레이놀즈 수(Reynolds Number)는 대략 100 정도인 것이 바람직하다. 상기한 바와 같은 조건을 만족하는 유체 통로(113, 114)를 통과하는 유체에 작용하는 유동저항은 그 유동방향에 따라 달라지게 된다. 구체적으로, 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항보다 작아지게 된다. 이와 같은 유동저

항의 차이에 의해 체크밸브 없이도 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량이 발생하게 된다. 이에 대해서는 뒤에서 상세하게 설명하기로 한다.

<53>       상기한 조건을 만족시키기 위해, 상기 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114) 각각은 도시된 바와 같이 유체의 펌핑 방향을 따라 단면적이 좁아지는 피라미드 형상을 가질 수 있다. 한편, 상기 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114) 각각은 높이는 일정하고 그 폭이 유체의 펌핑 방향을 따라 좁아지는 형상을 가질 수도 있으며, 상기한 형상이 아니더라도 상기한 조건을 만족하는 다각형이나 원형 등의 단면 형상을 가질 수도 있다.

<54>       그리고, 위에서는 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114)가 모두 단면적이 변하는 형상을 가진 것으로 도시되고 설명되었으나, 유체 유입 통로(113)와 유체 배출 통로(114) 중 어느 하나만 단면적이 변하는 형상을 가져도 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량을 발생시킬 수 있다.

<55>       상기한 펌핑 챔버(112), 유체 통로(113, 114) 및 매니폴드(115, 116)는 기판(110)을 여러 가지 방법에 의해 미세가공함으로써 형성될 수 있다. 바람직하게는, 실리콘 기판(110)의 표면을 소정 깊이로 식각함으로써 상기 펌핑 챔버(112), 유체 통로(113, 114) 및 매니폴드(115, 116)를 형성할 수 있다. 이 경우, 도 4b에 도시된 바와는 달리, 상기 유체 통로(113, 114)는 기판(110)의 상면으로부터 소정 깊이로 형성되어 펌핑 챔버(112)의 상단부에 연결될 수 있다.

<56>       상기 기판(110) 상에는 절연층(120)이 형성되어 펌핑 챔버(112)의 상부벽을 이루게 되며, 상기 절연층(120) 상에 상기 가열 요소(130)가 형성된다. 상기 가열 요소(130)는 펌핑 챔버(112) 내부의 유체를 가열함으로써 버블을 생성시키는 기능을 하며, 이 버블의 팽창과 수축에 의해 유체의 유동이 발생하게 된다. 이 가열 요소(130)는 저항 발열체, 예컨대 탄탈륨-알루미늄 합금이나 탄탈륨 질화물로 이루어질 수 있다. 그리고, 상기 가열 요소(130)의 평면 형상은



펌핑챔버(112)의 형상에 따라 사각형인 것이 바람직하나, 이와는 다른 형상을 가질 수도 있다.

<57>       상기 가열 요소(130)와 기판(110) 상에는 절연성을 가진 제1 보호층(passivation layer, 140)이 형성되고, 상기 제1 보호층(140) 위에 상기 전극(151, 152)이 형성된다. 상기 전극(151, 152)은 제1 보호층(140)에 형성된 제1 콘택홀( $C_1$ )을 통해 가열 요소(130)의 양단부에 각각 접속된다.

<58>       상기 제1 보호층(140)과 전극(151, 152) 위에는 절연성을 가진 제2 보호층(160)이 형성되고, 상기 제2 보호층(160) 위에 열발산층(170)이 형성될 수 있다. 상기 열발산층(170)은 보호층들(160, 140)과 절연층(120)을 관통하여 형성된 제2 콘택홀( $C_2$ )을 통해 기판(110)에 연결되어 가열 요소(130) 및 그 주위의 열을 기판(110)이나 외부로 발산시키는 역할을 하는 것으로, 열전도성이 우수한 금속으로 이루어질 수 있다.

<59>       이하에서는, 도 5a 및 도 5b를 참조하며 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이크로 펌프에서 유체가 펌핑되는 과정을 상세하게 설명하기로 한다. 도 5a는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이고, 도 5b는 유체 공급 모드를 도시한 도면이다.

<60>       먼저 도 5a를 참조하면, 펌핑챔버(112) 내부에 유체(180)가 채워진 상태에서, 전극(151, 152)을 통해 가열 요소(130)에 펄스 형태의 전류 신호를 인가하면, 가열 요소(130)에서 열이 발생하게 되며, 이렇게 발생한 열은 절연층(120)을 통해 펌핑챔버(112) 내부의 유체(180)를 가열하게 된다. 가열된 유체(180)의 온도가 일정 온도 이상이 되면 비등하여 버블(190)이 생성되고, 이 버블(190)은 고압의 기체 상태이므로 주변의 유체(180)를 밀어내며 팽창한다. 이러한 버블(190)의 팽창력에 의해 펌핑챔버(112) 내의 유체는 유체 배출 통로(114)를 통해 출구 매니폴드(116)로 배출된다. 이 과정에서 가열 요소(130)에 인가된 전류 신호는 제거된다. 한편, 버

블(190)의 팽창력은 유체(180)를 유체 유입 통로(113)를 통해 입구 매니폴드(115)쪽으로 밀어내는 역방향의 유동도 발생시키게 된다. 이 때, 전술한 바와 같이 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항보다 작으므로, 유체 배출 통로(114)를 통해 배출되는 유량이 유체 유입 통로(113)를 통해 역류하는 유량에 비해 훨씬 많이 된다.

<61> 다음으로 도 5b를 참조하면, 버블(190)이 최대로 팽창한 후, 팽창력을 잃은 버블(190)은 수축하여 소멸된다. 이 때에는, 펌핑챔버(112)의 외부로부터 펌핑챔버(112) 내부로의 압력이 작용하게 된다. 이에 따라, 유체 유입 통로(113)를 통해 유체(180)가 펌핑챔버(112) 내부로 유입되며, 유체 배출 통로(114)를 통해서도 유체(180)가 펌핑챔버(112) 내부로 유입된다. 그런데, 이 때에는 유체 유입 통로(113)에서의 유동저항이 유체 배출 통로(114)에서의 유동저항보다 작아지게 되므로, 유체 유입 통로(113)를 통해 유입되는 유량이 유체 배출 통로(114)를 통해 유입되는 유량보다 훨씬 많이 된다. 한편, 이 과정에서는 버블(190)의 생성을 위해 가열된 가열 요소(130) 및 그 주위의 열이 열발산층(170)을 통해 기관(110) 및 외부로 발산되는 방열과정이 진행된다. 이와 같은 열발산층(170)에 의하면, 보다 빠른 열의 방출이 이루어지므로, 버블(190)의 수축과 팽창 주기가 빨라져 마이크로 펌프의 구동 주파수를 높일 수 있다.

<62> 이상에서 설명한 바와 같이, 버블(190)의 팽창 과정에서는 펌핑챔버(112)로부터 유체 배출 통로(114)를 통해 보다 많은 양의 유체(180)가 배출되고, 버블(190)의 수축 과정에서는 유체 유입 통로(113)를 통해 보다 많은 양의 유체(180)가 펌핑챔버(112) 내부로 유입된다. 따라서, 이러한 과정을 소정의 주파수로 반복하게 되면, 유체 유입 통로(113)를 통해 유입되어 유체 배출 통로(114)를 통해 배출되는 순 유량이 산출되어 펌핑 효과가 나타나게 된다.

<63> 그리고, 본 발명에 따른 마이크로 펌프에서는, 상기한 바와 같이 가열 요소(130)가 유체 펌핑의 구동력을 제공하고 유체 통로(113, 114)가 동적 수동(passive) 밸브의 역할을 하게 되

므로, 압전체 및 체크 밸브와 같은 가동 요소를 필요로 하지 않는다. 따라서, 비교적 간단한 구조와 향상된 내구성을 가진 마이크로 펌프의 구현이 가능하다. 또한, 펌핑챔버(112)의 일측에 마련되는 가열 요소(130)의 면적을 증가시키거나 그 발열량을 증가시킴으로써 펌핑 유량을 용이하게 향상시킬 수 있다.

<64> 도 6a는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프의 구조를 개략적으로 도시한 평면도이고, 도 6b는 도 6a에 표시된 C-C'선을 따른 마이크로 펌프의 단면도이다. 한편, 도 6a에는 도면의 복잡성을 피하기 위하여 도 4a와 동일한 부분은 생략되어 있다. 그리고, 본 발명의 제2 실시예는 펌핑챔버 및 가열 요소의 형상과 유체 통로의 형상을 제외하고는 전술한 제1 실시예와 동일하므로, 이하에서는 상기한 차이점을 기준으로 설명하기로 한다.

<65> 도 6a 및 도 6b를 함께 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프에 있어서, 펌핑챔버(212)의 평면 형상은 원형으로서, 그 내부 공간은 도시된 바와 같이 반구형이나 원통 형상을 가질 수 있다. 이에 따라 가열 요소(230)의 평면 형상도 원형으로 된 것이 바람직하다. 상기 펌핑챔버(212)에 연결된 유체 유입 통로(213)와 유체 배출 통로(214)는 매우 길게 형성되므로, 전술한 제1 실시예에서와 같이 비교적 큰 경사각을 가지기는 곤란하다. 따라서, 본 실시예에서는 전술한 제1 실시예와는 달리, 상기 유체 유입 통로(213)는 펌핑챔버(212)쪽으로 가면서 단면적이 점차 증가하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로(214)는 펌핑챔버(212)로부터 멀어질수록 점차 단면적이 증가하는 형상을 가진다. 그리고, 상기 유체 유입 통로(213)와 유체 배출 통로(214) 각각은  $30^\circ$  이하, 바람직하게는  $15^\circ \sim 30^\circ$  정도의 비교적 작은 경사각( $\theta$ )을 가진다. 상기한 바와 같은 조건을 만족하는 유체 통로(213, 214)에 의하면, 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항보다 작아지게 된다. 이와

같은 유동저항의 차이에 의해 유체의 펌핑 방향으로의 순 유량이 발생하게 된다. 이에 대해서는 뒤에서 다시 설명하기로 한다.

<66>       상기 유체 유입 통로(213)와 유체 배출 통로(214) 각각은 상기한 조건을 만족시키는 한도 내에서, 전술한 바와 같이 다양한 형상을 가질 수 있다. 그리고, 본 실시예에서도 유체 유입 통로(213)와 유체 배출 통로(214) 중 어느 하나만 단면적이 변하는 형상을 가질 수 있다.

<67>       상기한 펌핑 챔버(212), 유체 통로(213, 214) 및 매니폴드(215, 216)는 실리콘 기판(210)의 표면을 소정 깊이로 식각함으로써 형성될 수 있다. 이 경우, 도식된 바와 같이 상기 유체 유입 통로(213)와 유체 배출 통로(214) 각각의 높이는 일정하고 그 폭이 유체의 펌핑 방향을 따라 넓어지는 형상을 가지는 것이 바람직하다.

<68>       상기 기판(210) 상에 형성되는 절연층(220), 가열 요소(230), 제1 보호층(240), 전극(251, 252), 제2 보호층(260) 및 열발산층(270)은 전술한 제1 실시예와 동일하므로 이들에 대한 상세한 설명은 생략한다.

<69>       이하에서는, 도 7a 및 도 7b를 참조하며 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프에서 유체가 펌핑되는 과정을 상세하게 설명하기로 한다. 도 7a는 유체 펌핑 모드를 도시한 도면이고, 도 7b는 유체 공급 모드를 도시한 도면이다.

<70>       먼저 도 7a를 참조하면, 전극(251, 252)을 통해 가열 요소(230)에 펄스 형태의 전류 신호를 인가하면, 가열 요소(230)에서 발생된 열이 펌핑 챔버(212) 내부의 유체(280)를 가열하여 버블(290)을 발생시킨다. 이 버블(290)의 팽창력에 의해 펌핑 챔버(212) 내의 유체는 유체 배출 통로(214)를 통해 출구 매니폴드(216)로 배출된다. 이 과정에서 가열 요소(230)에 인가된 전류 신호는 제거된다. 한편, 버블(290)의 팽창력은 유체(280)를 유체 유입 통로(213)를 통해 입구

매니폴드(215)쪽으로 밀어내는 역방향의 유동도 발생시키게 된다. 이 때, 단면적이 증가하는 방향으로의 유동저항이 단면적이 감소하는 방향으로의 유동저항보다 작으므로, 유체 배출 통로(214)를 통해 배출되는 유량이 유체 유입 통로(213)를 통해 역류하는 유량에 비해 훨씬 많게 된다.

<71> 다음으로 도 7b를 참조하면, 버블(290)이 수축하여 소멸되면, 펌핑챔버(212)의 외부로부터 펌핑챔버(212) 내부로의 압력이 작용하게 되므로, 유체 유입 통로(213)를 통해 유체(280)가 펌핑챔버(212) 내부로 유입되며, 유체 배출 통로(214)를 통해서도 유체(280)가 펌핑챔버(212) 내부로 유입된다. 이 때에는 유체 유입 통로(213)에서의 유동저항이 유체 배출 통로(214)에서의 유동저항보다 작아지게 되므로, 유체 유입 통로(213)를 통해 유입되는 유량이 유체 배출 통로(214)를 통해 유입되는 유량보다 훨씬 많게 된다. 한편, 이 과정에서 가열 요소(230) 및 그 주위의 열이 열발산층(270)을 통해 기판(210) 및 외부로 발산된다.

<72> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 마이크로 펌프도 제1 실시예와 동일한 펌핑 효과를 가질 수 있다. 그리고, 가동 요소를 필요로 하지 않으므로 비교적 간단한 구조와 향상된 내구성을 가지고, 펌핑 유량을 용이하게 향상시킬 수 있다.

<73> 도 8a 내지 도 8c는 본 발명에 따른 마이크로 펌프의 특성을 보여주는 그래프들로서, 도 8a는 유체 배출 통로에서의 시간에 따른 유체 출입량의 변화를 나타낸 그래프이고, 도 8b는 유체 유입 통로에서의 시간에 따른 유체 출입량의 변화를 나타낸 그래프이며, 도 8c는 순 유량을 나타낸 그래프이다.

<74> 이 실험에서, 유체 유입 통로와 유체 배출 통로는 각각 평균 직경이  $28\mu\text{m}$ , 길이가  $30\mu\text{m}$ 인 원형의 단면 형상을 가지며, 제1 실시예와 같이 유체 펌핑 방향을 따라 단면적이 감소하는 형상을 가진다. 그리고, 20kHz의 펌핑 과정을 6 사이클( $300\mu\text{s}$ )동안 수행했을 때, 시간(s)에 따



른 유체 유입 통로와 유체 배출 통로에서의 유체 출입량의 변화를 측정하였다. 그래프에서, 양의 유체 출입량은 펌핑챔버로부터 매니폴드로 빠져 나온 유체의 체적을 나타내며, 음의 유체 출입량은 매니폴드로부터 펌핑챔버 내부로 유입된 유체의 체적을 나타낸다. 한편, 그래프에서  $1 \times 10^{-14} \text{m}^3$ 의 체적은 10pℓ (pico liter)에 해당한다.

<75> 도 8a와 도 8b를 비교해 보면, 버블의 생성과 소멸 과정이 진행함에 따라 각 유체 통로를 통해 유체가 유출입하는 시기는 일치하고 있으나, 그 유체 출입량은 서로 차이가 있다. 여기에서, 두 개의 유체 통로에서의 유체 출입량을 합한 값이 실제로 유체 통로를 통해 펌핑챔버로 들어가고 나온 유체의 양이다. 본 발명에 따라 펌핑 방향을 따라 단면적이 변하는 유체 통로의 구조로 인하여, 유체 유입 통로로부터 유체 배출 통로로 이동하는 순 유량이 존재한다. 그 결과가 도 8c에 도시되어 있는 바, 도 8c를 참조하면 사이클당 약 8pℓ의 유체가 유체 유입 통로로부터 유체 배출 통로로 이동함을 알 수 있다. 이렇게 펌핑되는 유체의 양은 유체 통로의 형상과 경사각을 조절함으로써 증가시킬 수 있다. 또한, 구동 주파수를 증가시킬수록 펌핑 효과는 증대된다.

<76> 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<77> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 마이크로 펌프는 펌핑챔버 내에 유입된 유체의 상변화에 의해서 유체를 펌핑할 수 있으므로 가동 요소를 구비하지 않는다. 따라서, 비교적 간단한 구조와 향상된 내구성을 가진 마이크로 펌프를 구현할 수 있는 장점이 있다. 또한,

펌핑챔버의 일측에 마련되는 가열 요소의 면적을 증가시키거나 그 발열량을 증가시킴으로써 펌핑 효율을 용이하게 향상시킬 수 있는 장점도 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

유체가 채워질 수 있도록 소정의 내부 공간을 가진 펌핑챔버;

상기 펌핑챔버에 연결된 적어도 하나의 유체 유입 통로 및 적어도 하나의 유체 배출 통로;

상기 펌핑챔버의 일측에 마련되어 상기 펌핑챔버 내부의 유체를 가열함으로써 버블을 생성시키는 가열 요소; 및

상기 가열 요소에 전류를 인가하기 위한 전극;을 구비하며,

상기 버블의 팽창과 수축에 의해 유체의 유동이 발생하며, 상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 중 적어도 하나는 유체의 유동 방향을 따라 그 단면적이 변하는 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서,

상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버쪽으로 가면서 단면적이 점차 감소하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로는 상기 펌핑챔버로부터 멀어질수록 점차 단면적이 감소하는 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 3】**

제 2항에 있어서,

상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각의 경사각은  $50^\circ$  이상인 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.



**【청구항 4】**

제 1항에 있어서,

상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버쪽으로 가면서 단면적이 점차 증가하는 형상을 가지며, 상기 유체 배출 통로는 상기 펌핑챔버로부터 멀어질수록 점차 단면적이 증가하는 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 5】**

제 4항에 있어서,

상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각의 경사각은  $30^\circ$ 이하인 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 6】**

제 1항에 있어서,

상기 유체 유입 통로는 상기 펌핑챔버의 일측에 마련되고, 상기 유체 배출 통로는 상기 유체 유입 통로와 마주보도록 상기 펌핑챔버의 타측에 마련되는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 7】**

제 1항에 있어서,

상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각은 피라미드 형상을 가진 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 8】**

제 1항에 있어서,

상기 유체 유입 통로와 상기 유체 배출 통로 각각은 높이는 일정하고 그 폭이 유체의 유동 방향을 따라 변하는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 9】**

제 1항에 있어서,

상기 펌핑챔버와 상기 가열 요소의 평면 형상은 사각형인 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 10】**

제 1항에 있어서,

상기 펌핑챔버와 상기 가열 요소의 평면 형상은 원형인 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 11】**

제 1항에 있어서,

상기 가열 요소는 저항 발열체로 이루어진 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 12】**

제 1항에 있어서,

상기 펌핑챔버, 상기 유체 유입 통로 및 상기 유체 배출 통로는 기판을 식각함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 13】**

제 12항에 있어서,

상기 기관 상에는 절연층이 형성되어 상기 펌핑챔버의 상부벽을 이루며, 상기 절연층 상에 상기 가열 요소와 전극이 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 14】**

제 13항에 있어서,

상기 가열 요소와 전극 위에는 절연성을 가진 보호층이 형성되는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 15】**

제 14항에 있어서,

상기 보호층 위에는 상기 가열 요소 및 그 주위의 열을 발산시키기 위한 열발산층이 형성되며, 상기 열발산층은 상기 기관에 연결되는 것을 특징으로 하는 마이크로 펌프.

**【청구항 16】**

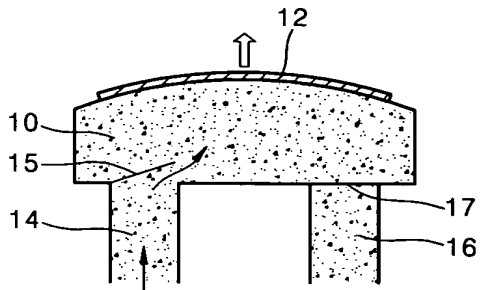
제 15항에 있어서,

상기 열발산층은 금속으로 이루어진 것을 특징을 하는 마이크로 펌프.

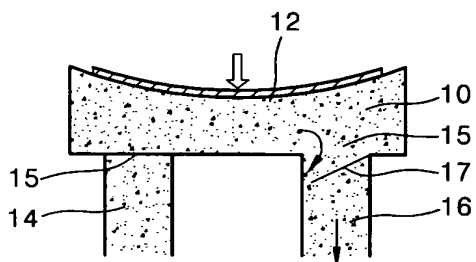


【도면】

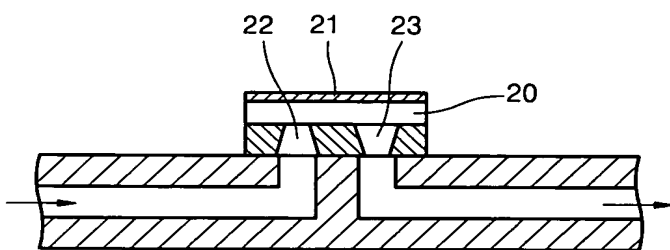
【도 1a】



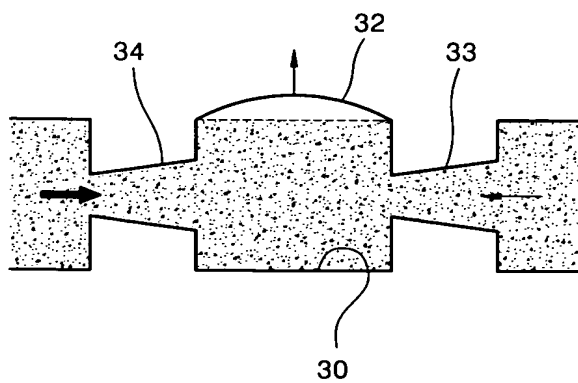
【도 1b】



【도 2】

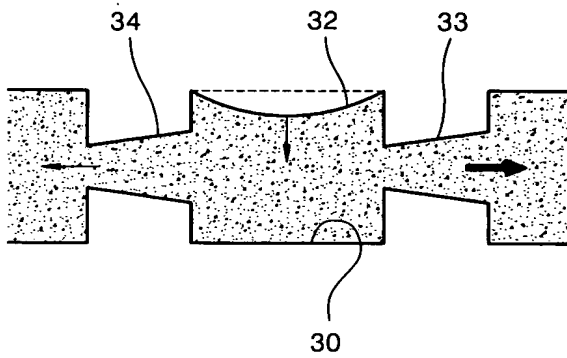


【도 3a】

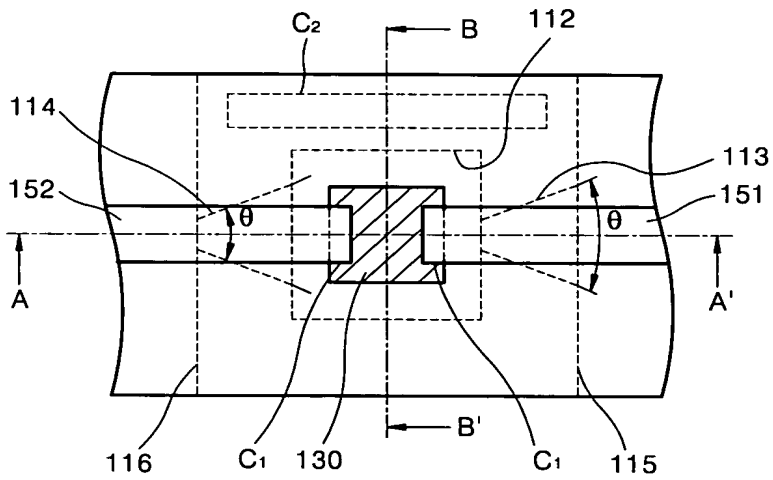




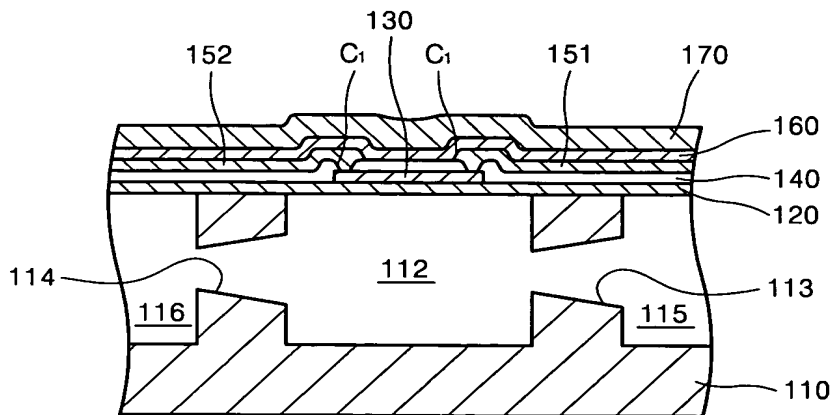
【도 3b】



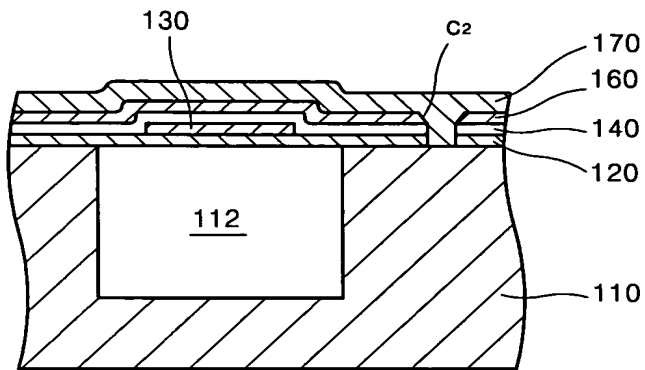
【도 4a】



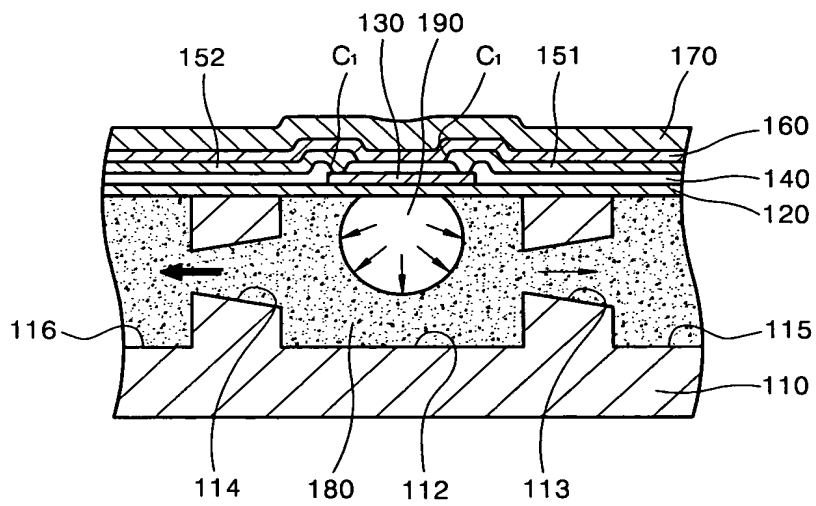
【도 4b】



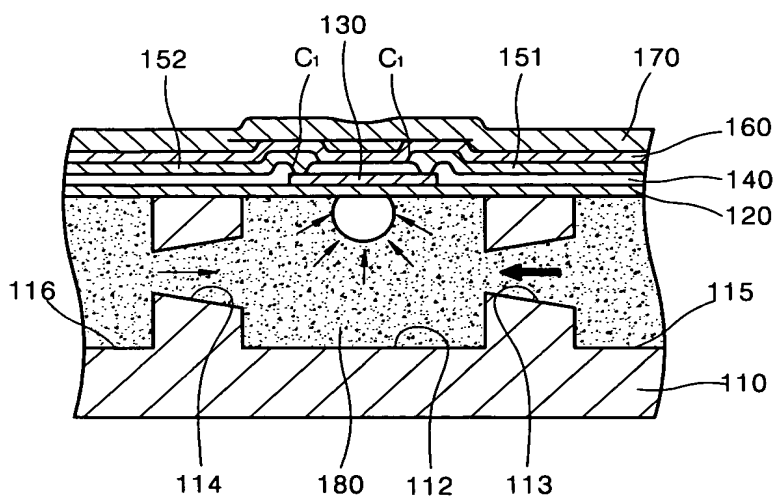
【도 4c】



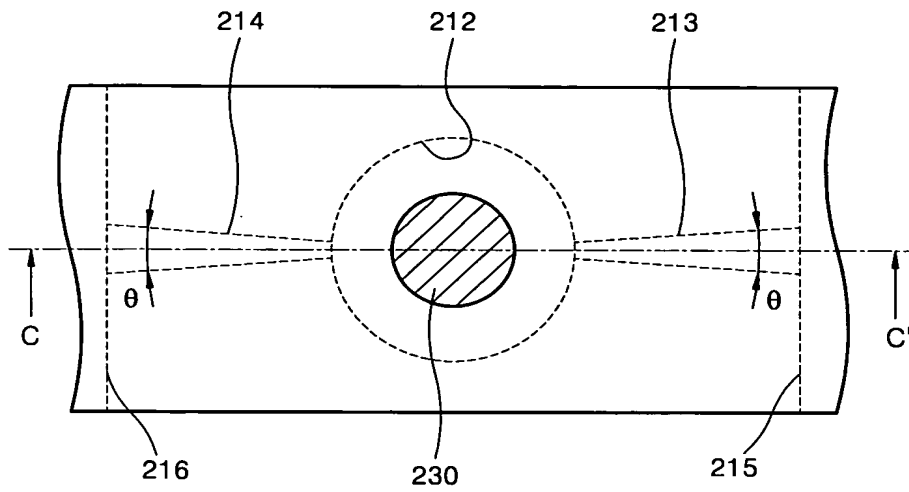
【도 5a】



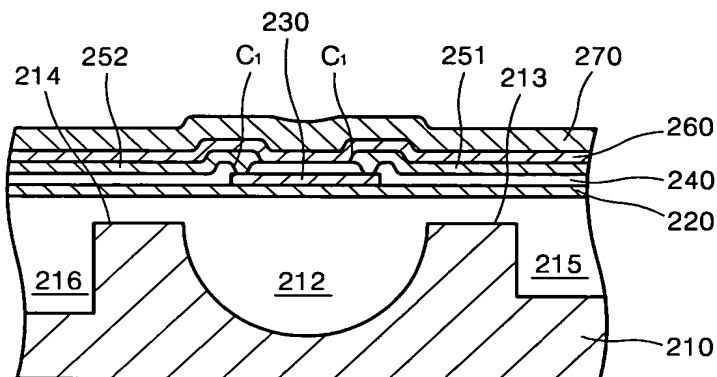
【도 5b】



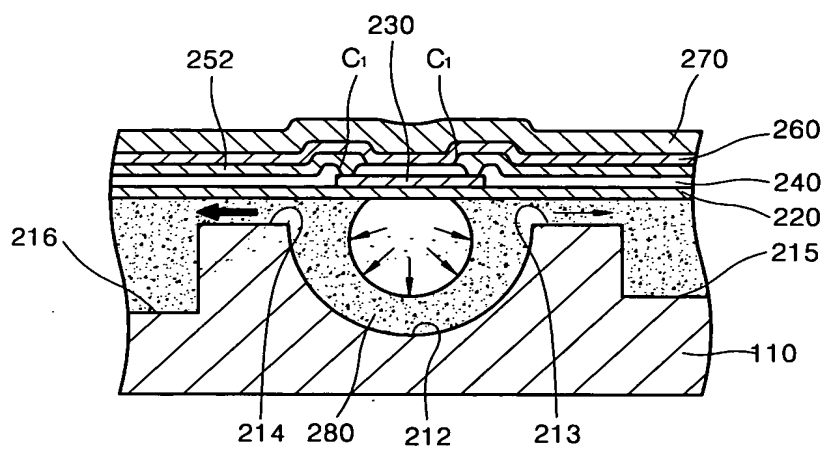
【도 6a】



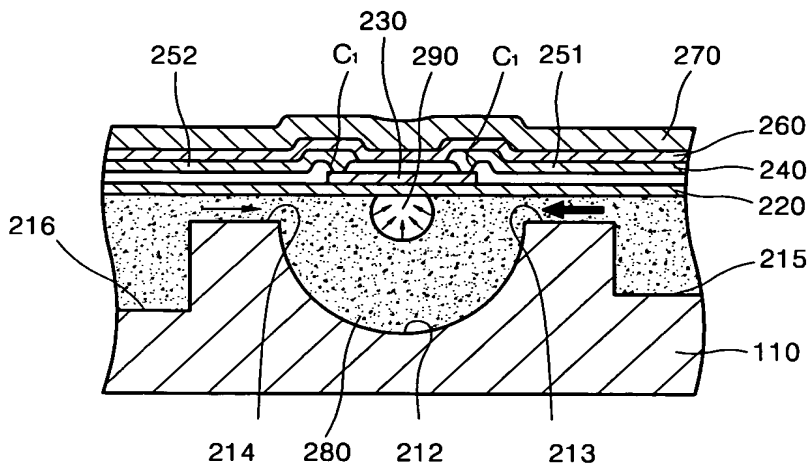
【도 6b】



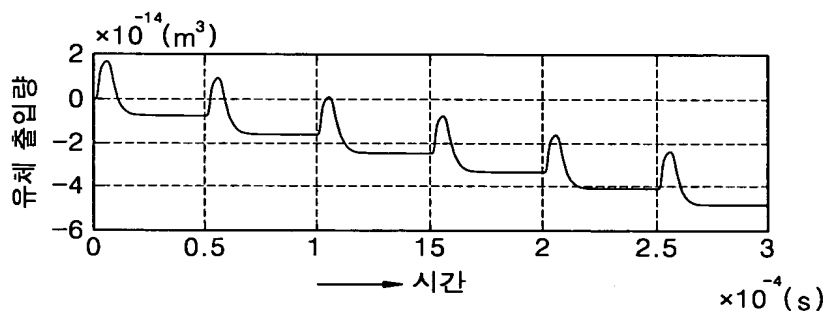
【도 7a】



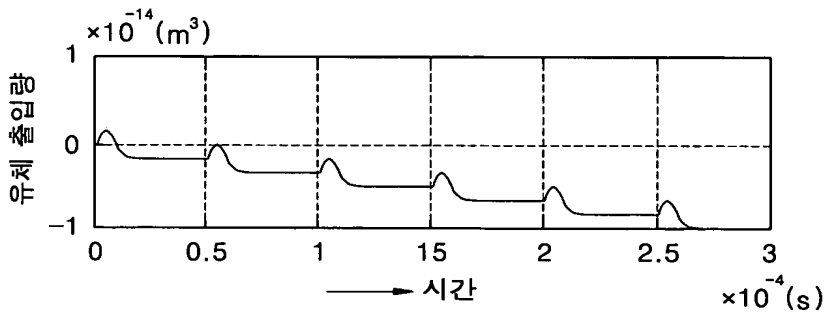
【도 7b】



【도 8a】



【도 8b】





【도 8c】

